Universidade Federal do Rio de Janeiro

Departamento de Engenharia Naval e Oceânica

Professor: Antonio Carlos Fernandes

TÉCNICAS EXPERIMENTAIS EM HIDRODINÂMICA

Lista 1

1) Retomar o problema da análise dimensional do pêndulo simples, com o foco na obtenção da tração T, no cabo, provando que

$$\frac{T}{mg} = f(\theta_0, \frac{\ell}{g\tau_n^2})$$

Compare com a solução analítica.

2) Analisar através de Análise Dimensional o comprimento de onda do mar (λ) como função de variáveis (densidade, período, profundidade, mais algum?) que você considera apropriada.

3) Obter usando o método sistemático todos adimensionais possíveis para o caso em que as variáveis fictícias, P, Q R e S, tenham a seguinte Matriz Dimensional:

	P	Q	R	S
M	2	1	3	4
L	-1	6	-3	0
T	1	20	-3	8

4) Usando água doce para realizar ensaios com modelo de protótipo de um Sistema Flutuante é impossível igualar os números de Reynolds e de Froude simultaneamente. Explicar.

5) Considere a igualdade de Froude, usual em ensaios com modelo reduzido de Sistemas Flutuantes em ondas. Qual o fator de escala entre as acelerações do protótipo (p) e do modelo (m)? O fator de escala de uma variável x é tal que

$$\lambda_x = \frac{x_p}{x_m}.$$

5) Justificar por análise dimensional (aplicando o Teorema dos números π, por exemplo) as relações de dispersão dos três tipos de onda a seguir. Nas fórmulas, ω é a frequência circular da onda, k é o número de onda e g é a aceleração da gravidade.

5.1 Onda de Superfície

$$\omega^2 = kg$$

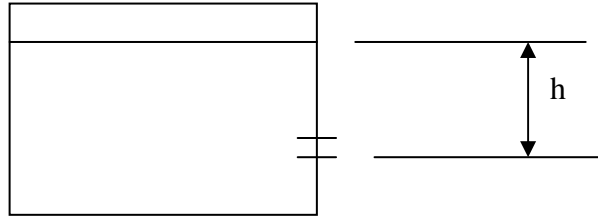
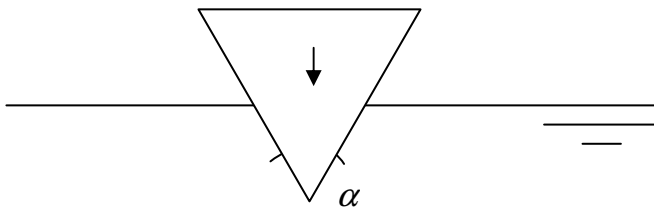
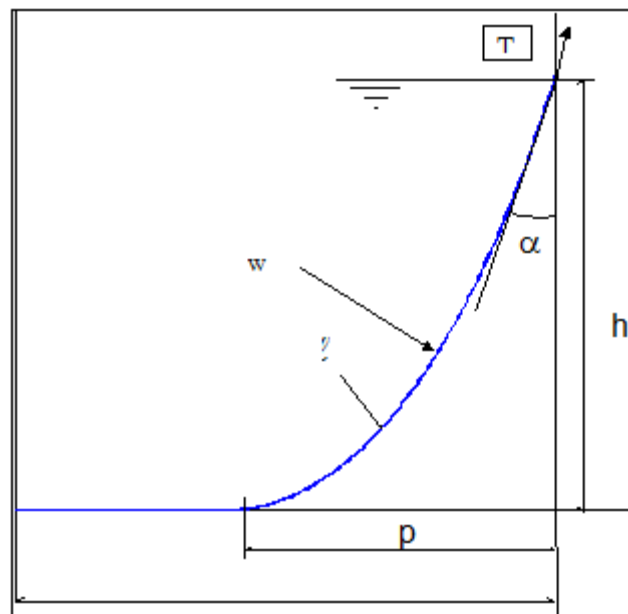
5.2 Onda Capilar

$$\omega^2 = \frac{k^3\tau}{\rho}$$

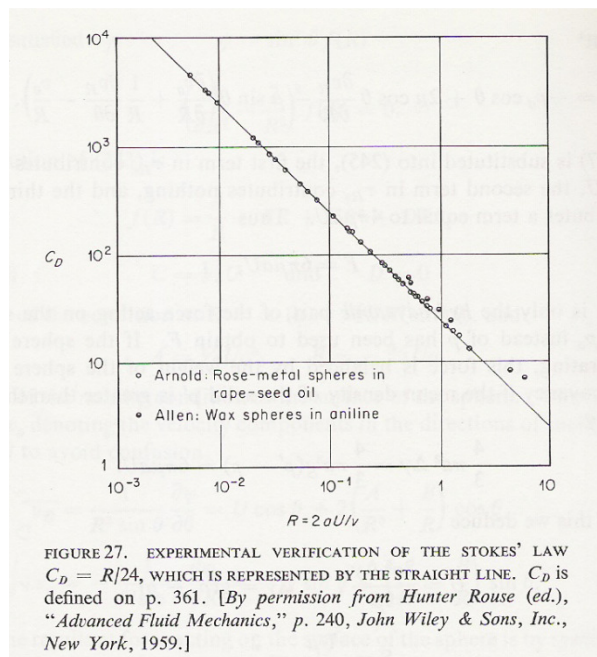
onde τ é a tensão superficial (para a interface ar-água aproximadamente $\tau = 0,07\ N/m$) e ρ é a densidade d'água.

5.3 Onda Interna (que ocorre na interface entre dois fluidos de densidades diferentes ρ_1 e ρ_2)

$$\omega^2 = kg\left(\frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1}\right)$$

6) Analisar através de Análise Dimensional a vazão (Q) de um reservatório retangular através de orifício abaixo h da superfície livre .

7) Idealizar uma experiência para explicar o problema de uma cunha de massa m entrando na superfície livre. Considere o ângulo da cunha α

8) Idem para o problema de uma esfera **acelerando** em meio fluido. Procurar extrair o conceito de massa adicional. Note que neste caso, o tempo é uma das variáveis do problema. Discutir os casos limites da variação temporal.
9) Considere a catenária indicada na Figura 1. T é a tração no topo, w é o peso linear, h é a flecha, p é a projeção horizontal e ℓ é o comprimento suspenso. Obter os adimensionais característicos para a definição da geometria desta catenária. Tem sentido falar em número de Froude?

10) Considerar uma bomba com diâmetro do rotor D, carga P [$P=(p_2+\rho g z_2)-(p_1+\rho g z_1)$], vazão Q, rotação, operando com fluido de densidade ρ. Obter os adimensionais que regem a operação.

11) Projetar ensaio com modelo reduzido para acessar o comportamento de um navio amarrado em Single Point Mooring quando submetido 'a uma correnteza U.

FIGURE 27. EXPERIMENTAL VERIFICATION OF THE STOKES' LAW $C_D = R/24$, WHICH IS REPRESENTED BY THE STRAIGHT LINE. C_D is defined on p. 361. [*By permission from Hunter Rouse (ed.), "Advanced Fluid Mechanics," p.* 240, *John Wiley & Sons, Inc., New York*, 1959.]

Da Figura 27 reproduzida da referência (YIH, C-S, Fluid Mechanics, West River Press, 1977) pode ser definido o intervalo de validade da expressão (1) que vale para uma esfera caindo livremente em um fluido (na legenda da figura copiada tem um erro; qual?).

$$C_D = \frac{24}{\mathrm{Re}\,y} \qquad (1)$$

Sendo ρ a densidade da água, d é o diâmetro da esfera caindo, V_T a velocidade terminal da esfera e μ o coeficiente de viscosidade e F_D a força de arrasto, o C_D que é o coeficiente de arrasto é definido como

$$C_D = \frac{F_D}{\frac{1}{2}\rho u^2 (\pi d)}$$

Rey é o número de Reynolds baseado no diâmetro da esfera.
Através de análise dimensional provar (1), lembrando que quando a velocidade é terminal é atingida, a força de arrasto é exatamente compensada pela força da gravidade.

12) O modelo reduzido de um hélice quando ensaiado em água aberta tem as variáveis cinemáticas velocidade V_A e rotação n medidas. Simultaneamente, em uma situação de regime permanente, as variáveis dinâmicas, empuxo T e conjugado Q, também são medidas. Obter adimensionais que permitam a representação da situação de propulsão no ensaio e que permitam a extrapolação dos resultados para escala real. O diâmetro do hélice é D, e a densidade do fluido é ρ e a viscosidade é μ. Sugerir ainda uma expressão da eficiência η.

13) Em escala real, uma estaca-torpedo é liberada verticalmente em altura suficientemente alta para permitir que a velocidade terminal seja atingida. Projetar um ensaio que permita avaliar com modelos reduzidos o tempo de queda e a estabilidade direcional. Considerar as limitações das facilidades experimentais existentes no mundo.

14) No Canal de Correntes do LOC serão ensaiados modelos de turbina para operar em correntes velocidade U de baixa intensidade. O diâmetro do rotor é D, o conjugado medido é Q, a rotação é n e a fluido de densidade é ρ. Sugerir adimensionais que regem a operação.